

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-135363

(43)Date of publication of application : 01.06.1993

(51)Int.Cl.

G11B 7/00  
G11B 7/125

(21)Application number : 03-294145

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 11.11.1991

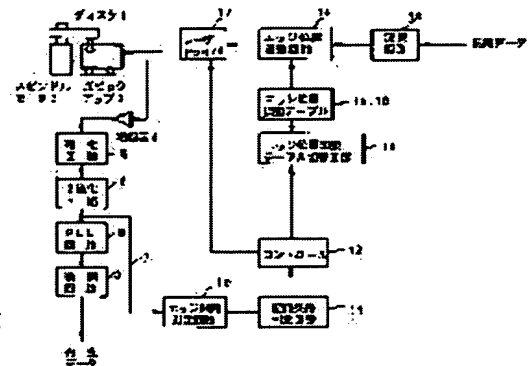
(72)Inventor : IDE HIROSHI  
SAITO ATSUSHI

## (54) METHOD FOR RECORDING AND REPRODUCING DIGITAL SIGNALS

## (57)Abstract:

PURPOSE: To eliminate the fluctuation of an edge position of a reproduced signal due to thermal interference and to reduce the fluctuation of the edge position by the fluctuation of a recording condition in a device recording and reproducing a digital signal on the recording medium such as an optical disk.

CONSTITUTION: By an edge interval measuring circuit 10 and a recording condition deciding circuit 11, the change of the recording condition is detected and decided regularly, and in accordance with the decided result, respective pulse edge positions of a recording signal are adjusted at every recording pattern by an edge position adjusting circuit 14, edge position adjusting tables 15, 16 and an edge position adjusting table switching circuit 18. Further, the intensity of a light beam at the time of recording is controlled by a laser driver circuit 17. High-density recording using mark length recording is realized easily without regorous adjustment at the time of manufacturing and reliability on recording data is drastically improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.12.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3063314

[Date of registration] 12.05.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-135363

(43) 公開日 平成5年(1993)6月1日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G11B 7/00		L 9195-5D		
7/125		C 8947-5D		

審査請求 未請求 請求項の数14 (全17頁)

(21) 出願番号 特願平3-294145

(22) 出願日 平成3年(1991)11月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 井手 浩

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 斎藤 温

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 デジタル信号記録再生方法

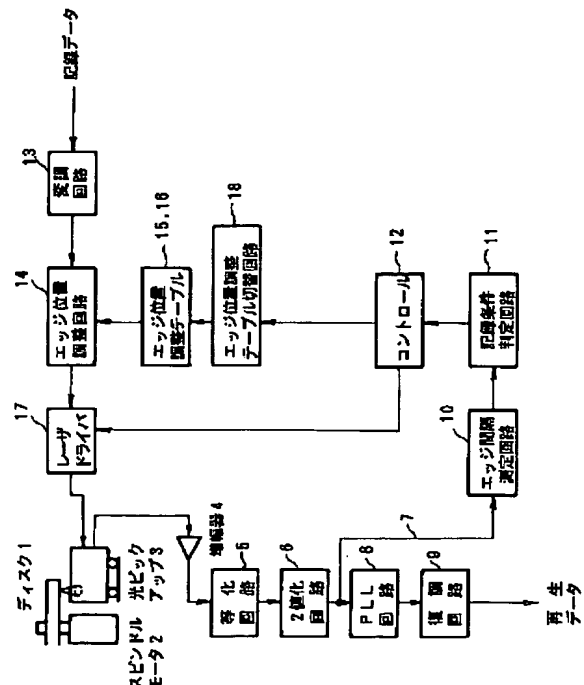
(57) 【要約】

【目的】 本発明はデジタル信号を光ディスク等の記録媒体に記録再生する装置に係り、熱干渉による再生信号のエッジ位置の変動をなくし、かつ記録条件の変動によるエッジ位置の変動を低減する方法を提供することにある。

【構成】 エッジ間隔測定回路(10)と記録条件判定回路(11)により、記録条件の変化を定期的に検出、判定し、その結果に応じてエッジ位置調整回路(14)とエッジ位置調整テーブル(15、16)、および、エッジ位置調整テーブル切り換え回路(18)により記録信号の各パルスエッジ位置を記録パターンごとに調整し、かつレーザドライバ回路(17)で記録時の光ビーム強度を制御することにより達成される。

【効果】 マーク長記録を用いた、高密度な記録が製作時の厳密な調整なしに容易に実現でき、かつ記録データに関する信頼性が大幅に向上する。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】記録媒体上に光ビームを照射して記録及び再生を行うデジタル信号記録再生方法において、情報記録時に同じ記録パルス長による記録マークが記録条件によらず常に一定形状に生成されるように、各記録パルスの前側及び後側のエッジごとに、該エッジより時間的に前側の複数個の記録パルス間隔の組合せと、記録線速度と、記録時の記録媒体の温度とから、エッジ位置の調整量を求め、該エッジ位置調整量を用いて記録パルスの各エッジ位置を前後に調整するデジタル信号記録再生方法。

【請求項 2】上記エッジ位置調整量は、あらかじめ記録特性の情報を装置内にテーブルとして記憶させておき、情報記録時に該テーブルのデータを基に求めることを特徴とする請求項 1 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 3】上記エッジ位置調整量は、あらかじめ記録媒体上に記録特性を記録しておき、記録媒体を装置に装着する際に、装置側に設けられた専用記憶領域に該記録特性を読み込み、テーブルを構成しておき、情報記録時にテーブルのデータを基に求めることを特徴とする請求項 1 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 4】記録再生装置が稼働している所定時間間隔おきに、記録媒体上の所定の位置に設けられた専用領域に、複数種類の記録パターンが含まれる所定の記録信号を記録し、その記録マークを読み出して得られる再生信号によって、各記録マーク部に相当するパルスの長さ、記録マークではない部分に相当するギャップの長さとのデューティ比を検出し、その結果から記録時の光ビーム強度変化、および記録媒体の温度変化情報を抽出し、その結果に応じて記録時の光ビーム強度を変更し、一定値になるように調整を行うデジタル信号記録再生方法。

【請求項 5】上記専用領域を、記録媒体上の回転半径の異なる複数ヶ所に設け、該所定間隔おきにその時点での光スポット位置から最も早く到達できる場所に領域に光スポットを移動させて、所定の記録信号を記録再生することを特徴とする請求項 4 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 6】上記専用領域を、各トラックごとに設け、該所定間隔おきにその時点での光スポット位置と同じトラック中の領域で、所定の記録信号を記録再生することを特徴とする請求項 4 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 7】上記専用領域を、1トラック中のセクタ数が等しい情報記憶領域単位である、ゾーンごとに設け、光スポットの位置と同じゾーン中、もしくは隣接するゾーン中の領域で所定の記録信号を記録再生することを特徴とする請求項 4 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 8】所定の記録信号の記録再生は、光スポットの位置に近い任意の領域で行い、もしその位置にすでに

記録情報が存在する場合は、一時その情報を装置内の情報記憶装置に退避させ、該記録再生動作後に、その情報を記録媒体上に記録し直すことを特徴とする請求項 4 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 9】所定の記録信号の記録再生は、光スポットの位置に近く、記録情報が存在しない任意の領域で行うことを特徴とする請求項 4 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 10】記録マークの再生信号のデューティ検出は、記録時のレーザパルスでのエッジ位置と、再生波形での前、および後エッジにあたる位置とのずれ量を測定する手段により実現されていることを特徴とする請求項 4 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 11】エッジ位置のずれ量は、該エッジに対応する記録レーザパルスでのエッジに関して、それ以前の複数個のパルス間隔、および極性からなる組ごとに検出したずれ量を分類して各々の分布をとり、それらの分布から各ずれ量の平均値を算出して、その結果から求める手段により実現されることを特徴とする請求項 10 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 12】記録媒体の温度変化抽出結果に対し、その変化量が大きくなく、記録時の光ビーム強度の変更で、情報記録時に同じ記録パルス長による記録マークが記録条件によらず常に一定形状に生成されるように調整できる範囲では、記録温度が変化したとは判定せず、記録時の光ビーム強度の調整を行うことを特徴とする請求項 4 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 13】記録、消去用の異なるレベルの光ビーム強度を記録時に照射することで、情報の重ね書きができる記録媒体に情報を記録再生する光学的記録再生装置を用い、記録時の光ビーム強度変化を検出した場合に、記録用の光ビーム強度と共に、それに比例した形で消去用の光ビーム強度も変更することを特徴とする請求項 4 記載のデジタル信号記録再生方法。

【請求項 14】光ビームを記録パルスにより駆動し、記録媒体に光パルス照射し、記録マークを形成し、デジタル信号を記録する際に、所定の記録パルスの前の複数個の記録パルスの組合せに対応して記録パルスのエッジ位置を前後にずらして調整し、所定時間間隔おきに所定の記録信号を記録し、記録した記録信号を再生し、記録した記録信号と再生した記録信号を比較して記録時の光ビームの強度及び環境温度変動の少なくとも一つを検出し、光ビーム強度及びエッジ位置調整量の少なくとも一つを変更することを特徴とするデジタル信号記録再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、デジタル信号を光ディスク等の記録媒体に記録再生する装置に係り、特に記録媒体と記録装置との組合せで決まる記録特性に基づい

て、記録信号を制御することにより、記録情報の高密度化、転送速度の高速化、および信頼性の向上を実現するのに好適な記録再生方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】ディジタル信号を記録媒体上に記録する手段の1つとして光ディスク装置がある。光ディスクはレーザ光をレンズにより記録面上に集光し、その強度を記録すべき情報に対応して変化させ、該レーザ光が当たっている領域の記録膜の反射率、あるいは光磁気記録の場合には磁化方向を外部磁化等により変化させることで情報の記録を行うものである。記録された情報を再生する場合には、記録の時よりも弱い強度のレーザ光を照射し、記録膜からの反射光からその光量変化、あるいは磁化方向の違いによる偏光面回転を検出することにより行う。記録密度は主に記録面上に集光されるレーザ光のスポットの大きさにより決まり、その大きさが現在約1 $\mu$ m程度と小さいため、磁気ディスクの約10倍程度の高密度記録が実現できる。

【0003】また、照射光パワーを変調して記録した記録マークの前側、および後側の位置で情報を表すマーク長記録方式は、1個の記録マークに2個以上のデータを記録するため、記録の高密度化を実現するのに有効な手段である。

【0004】このように光ディスクに情報を高密度に記録再生を行うマーク長記録方式において、情報の高信頼性を実現するためにデータの記録時、および再生時にいろいろな信号処理が行われている。

【0005】例えば、一般に記録時の照射光パワーが小さいと形成される記録マーク形状が不安定になり易い。また記録線速度が異なれば、単位面積当りに加えられる熱量、および熱分布が変わるため、記録マーク形状が異なる。したがって、実際には安定な記録マーク形状を形成して記録再生を行うため、「PbTbSe膜へのピットエッジ記録の適用」(電子通信学会創立70周年記念総合全国大会講演論文集、p4-176)では、記録照射光パルスは大きめに設定し、その線速度に応じてマーク長の過剰分がなくなるように記録時にレーザパルス長を短くしたり、再生時に二値化後の信号においてパルスの長さを削るなどの調整を行っている。

【0006】また、一般に記録されたマークの形状は主にその記録媒体の記録感度、熱伝導度、および記録に用いる集光されたレーザ光の強度分布、波面収差等に依存し、ディスク装置と記録媒体の組合せが変わるとその特性が変化する。さらに装置側の記録時照射光パワーのレベルは時間と共に変化する。この現象はレーザーパワー自動制御機構(APC)が設けられている場合でもある範囲の変動分は避けられず、この要因によっても記録再生特性の変動が起こる。この変動は記録時の記録マーク長の変動、そして再生時の再生信号のパルス間隔変動につながる。

【0007】そのため、記録補正量、記録光パワーが装置出荷時にあらかじめ一定値に設定されている場合、これらの設定仕様は、数多くの記録媒体と記録装置の組合せで記録再生特性を測定した上で決定する。そのとき、組合せの違いによる記録再生特性のばらつき範囲を考慮した上で、あらゆる場合に検出時での信頼性を保証するため、記録密度に関して大きな余裕を持たせ、記録密度を犠牲にしている。

【0008】そこで、この記録媒体と記録装置の組合せによる特性のばらつき分を吸収し、記録高密度化を図るため、あらかじめ試験パターンを記録してその再生信号により記録条件調整用の情報を得る方法が提案されている。例えば特開昭61-239441号記載の装置では記録時の一定値である照射光パワーレベルを、特開昭61-74178号記載の装置では記録パルス幅に関する一定の調整量を、また特開昭63-304427号記載の装置ではその両者、および再生時の自動等化係数を同時に調整している。

【0009】また、光ディスクは基本的に熱拡散を用いた記録方式のため、記録マークに対応する前後複数の記録パルスによる熱分布が拡散することで発生する記録マーク形状の変化する現象(以下、熱干渉と呼ぶ)が存在する。この現象も再生時の再生信号のパルス間隔変動につながる。したがって記録時に最適な補正を行うためにはこの熱干渉の影響も考慮する必要がある。この対策として特開昭63-48617号記載の記録方式では各記録パルス幅をその直前の記録パルスまでの間隔に応じて変化させている。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする問題点】上記従来技術のうち、直前の記録パルスまでの間隔に応じた次の記録パルス幅調整方法では、以下のような問題点がある。

【0011】すなわち、記録マーク形状、および記録マーク同士の間隔が、記録膜面上に集光したレーザスポットの大きさと同じ大きさ以下になる程度、高密度記録を狙った場合、光ディスクの熱干渉が影響を及ぼす範囲は最短の記録マーク長よりも大きくなる。つまり、ある記録マークのエッジ位置決定に対して、熱が拡散するために記録照射光パルスの複数の記録パルス間隔の長さが影響を与え、その結果、同じ長さの記録パルスを照射しても、時間的に前に位置する記録パターンの組合せにより、エッジ位置が変わってしまう。特に、レーザ光の強度に対する記録感度が高く、低いレーザパワーでも記録できるような記録媒体の場合、一般に熱伝導度が大きく、この熱干渉による影響を及ぼす範囲が大きい。

【0012】さらに、この記録パルス間幅調整方法ではその調整量に関する情報はその時点での記録条件によらず、あらかじめ設定されている値を使用するため、記録特性の変動に関する調整量変更ができず、記録特性が設定時とずれている分だけ、調整に誤差として現れ、正確な調整にはならなくなる。

【0013】一方、前述の記録条件調整用の情報を得る方法では、その記録照射光パワー、あるいは記録パルス幅の単一量の調整で行っており、熱干渉による記録マーク長変動の低減にはならない。

【0014】従来、再生側で符号間干渉成分に対する対策として通信や磁気記録の分野ではトランスバーサルフィルタ等の線形等化器が一般に用いられている。これは信号再生系の周波数帯域が狭いために再生信号パルスの裾が広がり、近傍の波形に重畳して発生する線形な符号間干渉を低減するものである。

【0015】ところが、前述の熱拡散による影響は再生時には主に波形の時間方向のずれ、という形で現れる。これは単純に記録情報に応じた基本波形の線形な重ね合わせとしては表現できない、非線形の符号間干渉成分である。したがって、このエッジ位置変動成分は線形等化器では対応できず、再生側の方で実時間でこの干渉成分に対応することは実際には非常に困難である。

【0016】以上のような理由で従来の方式では記録特性変動に関して対応ができていても、熱干渉の影響による記録マーク長の変動が全く低減できていないか、あるいは熱干渉の影響による記録マーク長の変動に調整誤差が存在し、かつ記録特性変動には全く対応できない。特に熱伝導が大きい記録媒体を用いる光磁気記録でのマーク長記録においては、これらの変動成分は大きく、その分の余裕を設けるため、記録密度を大きく犠牲にせざるを得ない。

【0017】

【問題点を解決しようとする手段】本発明は熱干渉による記録マークのエッジ位置の変動を、記録パルスに対して前に位置する複数個からなる記録パルスの組み合わせに依拠して、各エッジごとに時間的に前側、あるいは後ろ側にずらす調整を行い、その調整された記録パルス信号でレーザを記録を行うと共に、所定の時間間隔おきに所定の記録信号を記録、再生して、その結果から記録時の光ビーム強度や、環境温度の変動を検知し、その結果にしたがって記録時の光ビーム強度や、各エッジ位置の調整量を変更することで、あらゆる記録条件においても記録マーク長の変動がない、高精度な情報記録が行われ、マーク長記録による高密度記録のための、より正確な記録マークのエッジ位置制御を実現できる。

【0018】

【作用】熱干渉による記録マークのエッジ位置の変動を、直前の複数個からなる記録パルスの組み合わせに依拠して各エッジごとに時間的に前側、あるいは後ろ側にずらす調整を行い、その調整された記録パルス信号でレーザを記録を行うことで、熱干渉の影響による記録パターン列の違った場合の記録マーク長のばらつきを吸収することができる。

【0019】また、記録半径により記録線速度が異なることに依拠して、記録線速度に依拠して複数種類の調整量

テーブルを用意しておき、記録時の線速度に合った調整量テーブルを用いることにより、記録媒体のどの位置でも正確に記録パルスの調整を行うことができる。

【0020】また、装置使用を開始したとき、および記録媒体を交換したとき、および所定の時間間隔ごとに、所定の記録信号を用いて記録再生を行い、その再生信号の記録マーク部に当るパルス長と、記録マークでない部分に当るギャップ長とのデューティを検出し、その情報から記録時の光ビーム強度と、記録媒体の温度の設定値からのずれを抽出し、その結果に応じて、記録時の光ビーム強度が設定値からずれている場合には、記録時の光ビーム強度を変更し、記録媒体の温度が設定値からずれている場合には調整用テーブルの内容か、もしくは記録時の光ビーム強度の変更で調整可能であれば、記録時の光ビーム強度を変更し、経時的に記録条件が変動した場合でも正確に記録パルスの調整を行うことができる。

【0021】以上により、マーク長記録による高密度記録での、より正確な記録マークのエッジ位置制御が可能となる。

【0022】

【実施例】次に本発明の実施例を図面とともに説明する。

【0023】まず、エッジ位置がシフトする過程と、その抑圧原理について説明する。

【0024】図2に熱干渉によりエッジ位置がシフトする様子を模式的に表す。

【0025】図2で横方向は時間の経過、または光スポットが移動する記録媒体上の空間的な座標を表している。記録信号201は記録情報を変調して、記録媒体上に照射される光スポット強度の時間的推移を、記録マーク202は記録信号201によって記録媒体上に形成された記録マークの形状を表している。また、再生信号203は記録マーク202上を読み出しレベルの光強度を有する光スポットで走査し、そのときの記録媒体からの反射光を光検出器で受光、光電変換を行って得られる。二値化再生信号204は記録マーク形状を反映した再生信号203を、信号レベルの所定レベルより上側か、下側かによって二値化を行った結果得られる。

【0026】なお、記録信号201の最初の立上りエッジと、記録マーク202の最左側の前側のエッジ位置と、二値化再生信号204の最初の立ち上がりエッジ位置を合わせて表記している。また、L[i]、B[i]は記録信号201の各パルス間隔（立ち上りエッジから立ち下がりエッジまで）、およびギャップ間隔（立ち下がりエッジから立ち上りエッジまで）の長さを表し、iは最初の記録パルス（二値化再生パルス）からの通し番号（最初は0）を表している。

【0027】情報記録メカニズムとして、基本的に光スポットにより与えられる熱により記録マークを形成させている光情報記録方法では、光スポットにより与えられ

た熱が冷却過程において記録媒体中を拡散していくことにより、光スポット周囲の温度が上昇する。従って、高密度な記録を行うべく、記録マークの大きさ、及びその間隔を小さくした場合、記録信号の個々のパルス形状は、対応する各々の記録マーク形状を決めるだけでなく、周囲の記録マーク形状にも影響を与える。逆にいえば、各記録マークの形状はそれに対応する記録パルス形状のみで決定されるのではなく、時間的に隣接する記録パルス形状の影響を受ける。

【0028】この様に、記録マークは時間的に隣接する記録パルスの影響を受ける結果、記録信号201のパルス間隔と記録マーク202のエッジ位置との間にずれが生じるようになる。その結果、記録信号の各エッジ位置と二値化再生信号204の各エッジ位置との相対的なずれ $e[i]$ 、 $f[i]$ を生じる。ここで、 $e[i]$ は記録信号201の立ち下がりエッジと二値化再生信号204の立ち

$$e[i]=Se(B[i-1], L[i])$$

【0031】

$$f[i]=Sf(L[i-1], B[i-1])$$

【0032】ここで、 $Se()$ 、および $Sf()$ は関数を表す。すなわち、 $e[i]$ は直前のパルス間隔 $L[i]$ と、その前のギャップ間隔 $B[i-1]$ によって決まり、 $f[i]$ は直前のギャップ間隔 $B[i-1]$ と、その前のパルス間隔 $L[i-1]$ によって決まる。

【0033】なお、 $e[i]$ に関して、パルス間隔 $L[i-1]$ 以前とギャップ間隔 $B[i]$ 以降の影響、及び $f[i]$ に関して、ギャップ間隔 $B[i-2]$ 以前とパルス間隔 $L[i]$ 以降の影響は小さく、考慮しなくても差し支えない。

【0034】次に、上述のエッジシフト量の情報を用いて、記録信号の各エッジ位置を調整してエッジシフトの影響を抑圧する様子を図3を用いて説明する。図3で、横方向は時間の経過、または光スポットが移動する記録媒体上の空間的な座標を表しており、記録信号301は記録情報を変調した電気信号を、調整後信号302は記録信号301の各立ち上がり、立ち下がりのエッジ位置を記録パターンに応じてずらした電気信号レベルの時間的推移を表し、この信号で記録媒体上に照射される光スポット強度を変調している。

【0035】また、記録マーク303は調整後信号302によって記録媒体上に形成された記録マークの形状を表している。再生信号304は記録マーク303を読み出しレベルの光強度を有する光スポットで操作させ、そのときの記録媒体からの反射光を光検出器で受光、光電変換を行って得られる。二値化再生信号305は、記録マーク形状を反映した電気信号を、信号レベルの所定レベルより上側か、下側かによって二値化を行った結果得られる電気信号を表している。

【0036】なお、記録信号301の最初の立ち上りエッ

$$\gamma=Sf(\alpha, \beta)+\beta$$

【0039】に対して

下がりエッジのずれ量を、 $f[i]$ は記録信号201の立ち上がりエッジと二値化再生信号204の立ち上がりエッジのずれ量を表している。また、 $i$ は最初の記録パルス（二値化再生パルス）の立ち上りエッジ、立ち下がりエッジからの通し番号（最初は0）で、 $f[0]$ は零とする。

【0029】このとき、エッジずれ量 $e[i]$ 、 $f[i]$ は記録媒体の熱伝導特性、及び記録密度により変わるが、例えば光磁気記録媒体として最も一般的な、 $TbFeCo$ 磁性膜と誘電体膜、保護膜、反射膜からなる構造の記録媒体に対し、記録線速度10～20m/s程度で、記録密度として最短記録マーク長が光スポット径の半分程度の場合、記録信号のパルス長 $L[i]$ 、およびギャップ長 $B[i]$ を用いて次のような式で表すことができる。

【0030】

【数1】

... 数1

【数2】

... 数2

ジと、記録マーク303の最左側の前側のエッジ位置と、二値化再生信号305の最初の立ち上がりエッジ位置を合わせて表記している。また、 $L[i]$ 、 $B[i]$ は記録信号301の各パルス間隔（立ち上りエッジから立ち下がりエッジまで）、およびギャップ間隔（立ち下がりエッジから立ち上りエッジまで）の長さを表し、 $E[i]$ 、 $F[i]$ は調整後信号302の各立ち下がりエッジ、立ち上がりエッジに関する、記録信号301の各エッジ位置からのずれし量を表している。さらに、 $i$ は最初の記録パルス（二値化再生パルス）からの通し番号（最初は0）を表している。

【0037】この記録パルスエッジ位置の調整原理は次のようなものである。記録信号301のエッジ位置に対して記録マーク303のエッジ位置に必ずずれが発生する。しかし、逆に元の記録信号301の各エッジ位置をあらかじめずらして調整後記録信号302とすることで、二値化再生信号305の各エッジ位置は記録信号302のエッジ位置に対してはずれるが、元の記録信号301のエッジ位置とは一致するものである。記録信号301のエッジ位置に対する記録マーク303のエッジ位置のずれ量がどの程度になるかは、記録パターンを参照することで上述の関係式を用いて求められる。そこで、この関係式の逆関数を用いてエッジ位置をずらす量と、記録信号に対する二値化再生信号のずれ量とが符号が逆で大きさが同じ量となるように求めることができる。すなわち、

【0038】

【数3】

... 数3

50 【0040】

【数 4】

$$\beta = Cf(\alpha, \gamma),$$

. . . 数 4

【0 0 4 1】、

【数 5】

【0 0 4 2】

$$\gamma = Se(\alpha, \beta) + \beta$$

. . . 数 5

【0 0 4 3】に対して

【数 6】

【0 0 4 4】

$$\beta = Ce(\alpha, \gamma)$$

. . . 数 6

【0 0 4 5】のように、それぞれ逆関数  $Cf()$ 、 $Ce()$  をおいて、

【0 0 4 6】

10 【数 7】

$$F[i] = B[i-1] + E[i-1]$$

$$-Cf(L[i-1] + F[i-1] - E[i-1], B[i-1] + E[i-1])$$

. . . 数 7

【0 0 4 7】

【数 8】

$$E[i] = L[i] + F[i] - Ce(B[i-1] + E[i-1] - F[i], L[i] + F[i])$$

. . . 数 8

【0 0 4 8】という形で  $E[i]$ 、 $F[i]$  を求めることができる。数 7、数 8 において、関数  $Ce()$ 、 $Cf()$  内にエッジ位置ずらし量が含まれている。しかし、このずらし量は  $E[0]$ 、 $F[1]$ 、 $E[1]$ 、 $F[2]$ 、 $E[2]$ 、. . . の順で逐次求めていけば、例えば  $F[i]$  を求める際には数 7 において  $E[i-1]$ 、および  $F[i-1]$  はその前の時点で算出され、 $E[i]$  を求める際には数 8 において  $F[i]$ 、および  $E[i-1]$  はその前の時点で算出されるので、数 7、数 8 によりそれぞれ  $F[i]$ 、 $e[i]$  を算出することができる。

【0 0 4 9】次に、記録時の光ビーム強度の変化、および記録媒体の温度変化を検出し、その変化に対して対応する方法について、その原理を説明する。

【0 0 5 0】記録時の光ビーム強度が変化したり、記録媒体の温度が変化した場合にも、記録信号の各エッジ位置と記録マークのエッジ位置との間にずれを生じる。例えば、記録時の光ビーム強度が小さくなった場合には、記録マークは総じて小さくなり、記録マークの前エッジの位置は後ろ側に、記録マークの後ろエッジの位置は前側にそれぞれずれる。

【0 0 5 1】この記録マークの各エッジ位置がずれる量は形成される記録マークごとに異なる。そのため、記録時の光ビーム強度が変化した場合に、発生する記録マークのエッジ位置のずれを、上述のような記録パターンごとのエッジ調整量を変える方法で低減を計るためには、記録時の各光ビーム強度ごとに上記のエッジ調整用の関数を変える必要があり、回路系が大規模となる。したがって、より簡単な系でエッジの位置ずれを防ぐため、記録時の光ビーム強度が変化したことが検出された場合、記録時の光ビーム強度を元の値に戻すよう調整を行う。

【0 0 5 2】一方、記録媒体の温度が低下した場合にも、記録マークは総じて小さくなり、この場合にも記録マークの前エッジの位置は後ろ側に、記録マークの後ろエッジの位置は前側にそれぞれずれる。この温度変動に対しては装置内に温度調節機構を設けない限り、直接温

度を一定に制御することはできない。ここで、この温度変動に伴う記録マークのエッジ位置変動特性は、想定温度からの変動量が小さい範囲では、記録時の光ビーム強度が変化した場合とかなり近い傾向を示す。したがって、この範囲では記録時の光ビーム強度の変更で対応し、設定値に対し大きく変動した時点で記録時のエッジ位置調整用の関数を切り変えて対応する。

【0 0 5 3】以上の変化を検出するために、所定の時間間隔おきに記録媒体上の専用領域において所定の記録信号を記録する。そして、その直後にその信号を再生してその各エッジ位置のずれ量を検出し、その結果から記録時の光ビーム強度の変化、および記録媒体の温度変化を分離検出する。図 4 にそのとき使用する記録信号パターンの一例を示す。この記録信号 4 0 1 には通常の情報記録時にとり得る記録マーク長の範囲中の複数個のエッジ間隔を、短い方からパルス間隔とその直後のギャップ間隔が等しくなるように並べ、これを複数回繰り返したものを使用する。繰り返したものを使用するのには平均化処理により、検出結果に含まれるノイズ成分の影響を低減して測定結果の精度を上げるためである。ここでは記録情報に対して 2-7 RLLC (Run Length Limited Code) で符号変調されているものとして記録信号を構成している例を示しており、 $Pw[1]$ 、 $Pw[2]$ 、. . . はこの記録信号パルスのエッジ間隔を、 $Gw[1]$ 、 $Gw[2]$ 、. . . は記録信号ギャップのエッジ間隔を表している。なお、記録信号 4 0 1 のもう一方のエッジ間隔表記中にある  $T$  は情報 1 ビット当りの時間長である。

【0 0 5 4】再生信号 4 0 2 はこの記録信号で書かれた記録マークを読み出したときの、二値化後の再生信号波形を表している。また、 $Pr[1]$ 、 $Pr[2]$ 、. . . はこの再生信号パルスのエッジ間隔を、 $Gr[1]$ 、 $Gr[2]$ 、. . . 再生信号ギャップのエッジ間隔を表している。

【0 0 5 5】図 5 には記録信号 4 0 1 と、再生信号 4 0 2 の関係から記録時の光ビーム強度変化、および記録媒

20

30

40

50



体の温度変化を分離検出する手段を示す。横軸に記録信号 4 0 1 のパルス間隔  $Pw[i]$  を、そして縦軸に再生信号 4 0 2 のパルス間隔  $Pri$  から直後のギャップ間隔  $Gr[i]$  を引いたものを取り、各記録状況での測定点をプロットしている。この測定結果で測定点全体が 0 レベルより上側にあれば、記録時の光ビーム強度が設定値より大きい方向に変化したか、もしくは記録媒体の温度が想定値よりも高い方向に変化した場合である。また、逆に測定点全体が 0 レベルより下側にあれば、記録時の光ビーム強度が設定値より大きい方向に変化したか、もしくは記録媒体の温度が想定値よりも高い方向に変化したことを表している。

【0056】記録時の光ビーム強度が変化した場合、決まった曲線群中の一曲線上に測定点がくる。したがって、この記録時の光ビーム強度が変化した場合に、測定点が描く曲線群をあらかじめ調べておき、装置内にその情報を記憶しておくことによって、そのうちの一本の曲線上に全ての測定点ののっているか否かで、記録時の光ビーム強度の変更で対応可能かどうか判定できる。一本の曲線上に全ての測定点ののっていない場合には、曲線に対し、右下がりにずれているか、それとも左下がりにずれているかを検出し、その結果から記録媒体の温度が上昇したか、下降したかを判定し、それに従って記録時のエッジ位置調整テーブルを変更する。

【0057】次に、以上のエッジ位置の調整、および記録条件の判定原理を含む実施例について説明する。

【0058】図 1 は実施例の構成を示すブロック図である。

【0059】図 1 において光ディスク 1 はスピンドルモータ 2 により一定角速度で回転しており、光ピックアップ 3 により記録再生用のレーザ光が絞り込みレンズでディスク 1 上の記録膜面に集光される。光ピックアップ 3 は情報の記録位置に対応してディスク半径方向に移動できるようにになっている。

【0060】光ピックアップ 3 中の検出器により検出された信号は、増幅器 4 により所望のレベルに増幅された後、等化回路 5 により、波形の等化が行われ、再生信号の分解能が確保される。この後、この信号は二値化回路 6 によりデジタル信号である再生二値化信号 7 に変換され、PLL (フェーズ・ロック・ループ) 回路 8 によりデータ信号とクロック信号とに分離され、復調回路 9 により再生データとなる。

【0061】以上の部分が通常のマーク長記録方式を採用している光ディスクシステムのデータ再生信号処理系である。本発明の再生信号処理系ではこれ以外に、記録時の光ビーム強度、および記録媒体上の温度の変化を検出して記録時のパルス間隔調整量、および記録パワーを算出を更新するための回路系を有する。

【0062】この回路系はエッジ間隔測定回路 10、および記録条件判定回路 11 からなる。まず、再生二値化

信号 7 がエッジ間隔測定回路 10 を経て、その各パルス間隔、およびギャップ間隔が測定される。その測定結果が記録条件判定回路 11 に入力され、記録時の光ビーム強度の変化量と記録媒体上の温度変化量とが分離検出され、その結果がコントローラ 12 に送信される。

【0063】この記録条件判定回路は通常の情報記録再生時以外の、所定の時間間隔おきにコントローラから指令される記録条件判定モード時に動作する。この記録条件判定モードのフローを図 6 に示す。

【0064】本システム稼働中において、本システム内のコントローラ 12 により、所定の時間間隔が監視され、その時間間隔おきにこのモードが開始される。まず、このモードの初めに本システムをビジー状態にして通常の記録再生動作を受け付けられない状態にし、もし現在本システムで処理している作業 (記録、再生) があれば、その処理が終了するのを待つ。

【0065】つぎに、記録条件を調べるための所定の記録信号を記録、再生する専用領域に光スポットを移動する。この領域は記録媒体一枚につき、回転半径が違う複数箇所を設定しておく。

【0066】移動が完了したら記録条件を調べるための所定の記録信号を用いて、記録媒体上に記録を行う。そして、次にその記録マークを再生する。この時点でコントローラから指令を受けてエッジ間隔測定回路 10、および記録条件判定回路 11 が動作する。その判定結果はコントローラに送信され、コントローラ側で判定結果に応じて記録時の光ビーム強度の変更や、記録時のパルス間隔調整量の変更動作を行う。

【0067】例えば、判定結果で記録時の光ビーム強度が設定値よりも大きい方に変化し、その変化量が許容量を越えたと判断された場合には、記録時の光ビーム強度を刻み量  $\Delta P$  減少させる。同様に判定結果で記録時の光ビーム強度が設定値よりも小さい方に変化し、その変化量が許容量を越えたと判断された場合には、記録時の光ビーム強度を刻み量  $\Delta P$  増加させる。

【0068】また、判定結果で記録媒体上の温度が想定値よりも高い方に変化し、その変化量が許容範囲を越えたと判断された場合には、もし、記録時の光ビーム強度の変更で対応が可能な範囲であれば、記録時の光ビーム強度を刻み量  $\Delta P$  減少させ、もし、記録時の光ビーム強度の変更で対応が可能な範囲を越えた場合には、記録時の光ビーム強度の刻み量  $\Delta P$  分の減少動作とともに、記録時のパルス間隔調整量を変更する。同様に、判定結果で記録媒体上の温度が想定値よりも低い方に変化し、その変化量が許容範囲を越えたと判断された場合には、もし、記録時の光ビーム強度の変更で対応が可能な範囲であれば、記録時の光ビーム強度を刻み量  $\Delta P$  増加させ、もし、記録時の光ビーム強度の変更で対応が可能な範囲を越えた場合には、記録時の光ビーム強度の刻み量  $\Delta P$  分の増加動作とともに、記録時のパルス間隔調整量

を変更する。

【0069】なお、判定結果で各変化量が許容範囲を越えていないと判定された場合には、記録条件に関する何の変更も行わない。

【0070】そして、以上のような判定結果を受けた対応動作を行うとともに、この専用記録領域内の信号の消去を行い、本システムのビジー状態を解除して、通常の情報記録再生モードに戻る。

【0071】なお、この記録条件判定モードを発生させる時間間隔は記録時の光ビーム強度変化、および記録媒体上の温度変化がどの程度の時間で変動するかにより決定する。例えば記録時の光ビーム強度に関して言えば、最大でも変更刻み幅である $\Delta P$ 以上変化しない時間間隔内に設定しておく必要がある。

【0072】再び図1に戻り、本実施例構成中の信号記録系に関して説明する。情報を記録する際に、記録情報は変調回路13で光情報記録系の特性に合うよう、符号変調が行われる。この符号変調された記録信号に対し、エッジ位置調整回路14、およびエッジ位置調整テーブル15、16において、各エッジ位置がその直前までのエッジ間隔情報に従って調整される。そして、この調整後の記録信号がレーザドライバ回路17に入力され、信号に応じて光ピックアップ3内のレーザ強度を変調させ、ディスク1上に情報が記録される。なお、エッジ位置調整テーブル15、16は記録条件判定モードの結果、エッジ調整量を変更する必要があると判定された場合、および記録線速度が変化した場合にエッジ位置調整テーブル切替回路18により、その内容が変更される。

【0073】図1において、光ディスク1、スピンドルモータ2、光ピックアップ3、増幅器4、等化回路5、二値化回路6、PLL回路8、復調回路9、変調回路13、レーザドライバ回路16については従来の光ディスク装置に用いられている構成、機能のもので良く、その詳細説明は省略する。

【0074】以下、その他の構成要素について説明する。

【0075】図7は図1におけるエッジ間隔測定回路10の一構成例を示した図である。

【0076】二値化回路6の出力である、再生二値化信号7はインパルス信号発生回路701にも入力される。このインパルス信号発生回路701は入力信号の極性が変わるタイミングごとにインパルス状の信号波形を出力

$$Y(t) = \int_0^t X(\tau) d\tau + Y(0)$$

【0083】が得られる。すなわち、出力信号 $Y(t)$ はその初期値（エッジ間隔測定回路が動作を開始する時点での出力信号レベル） $Y(0)$ はアナログスイッチ710の動作により0となるから、図4の再生信号402のパルス間隔 $Pr[1]$ 、 $Pr[2]$ 、...、およびギャップ

$$Vo = A(-Pr[1] + Gr[1] - Pr[2] + Gr[2] + \dots - Pr[i] + Gr[i])$$

し、この出力信号が極性反転タイミングを表す信号として記録条件判定回路11、およびA/D変換器702に入力される。

【0077】一方、再生二値化信号7は増幅器で構成される積分回路703にも入力される。また、この積分回路703には再生二値化信号7での“H”レベルを $V_H$ 、“L”レベルを $V_L$ としたとき $(V_H + V_L)/2$ のレベルを表した積分基準信号704も入力される。そして、この積分回路703からは再生二値化信号7との積分基準信号の差の信号が出力され、A/D変換器702に入力される。

【0078】また、コントローラからの信号がフリップフロップ709に入力される。このフリップフロップ709には極性反転のタイミングを表す信号もクロック信号として入力される。フリップフロップ709の出力はエッジ間隔測定開始から最初の再生二値化信号7の立ち上がりを検知して、間隔測定期間、アナログスイッチ710を切り替え、積分回路703を動作させる。

【0079】A/D変換器702は極性反転のタイミングを表す信号をデジタル変換動作を行うタイミング用クロックとして使用して、積分回路703の出力信号をデジタル信号に変換する。変換結果は極性反転間隔信号14として出力され、記録条件判定回路11に入力される。A/D変換器702の変換精度はその出力値がパルス間隔調整量として十分な精度を有し、かつオーバーフローが起こらないような量子化精度、およびビット数を有する。

【0080】次に、図7のエッジ間隔測定回路10の動作を図8を用いて説明する。再生二値化信号7は二値化回路6の出力信号であり、記録膜面上の照射光スポット位置に記録マークの有無により、“H”または“L”レベルをとる。この再生二値化信号7はインパルス信号発生回路701を通して、その極性が変わるタイミングでインパルス波形を発生する極性反転のタイミングを表す信号となり、A/D変換器702でのトリガ信号に使用される。

【0081】積分回路703では再生二値化信号7のパルス間隔が演算され、出力される。この積分回路703は一般にその入力信号を $X(t)$ とした場合、出力信号 $Y(t)$ として

【0082】

【数9】

... 数9

間隔 $Gr[1]$ 、 $Gr[2]$ 、...を用いて、積分回路703の出力信号レベル $Vo$ は、再生二値化信号7の極性が“L”から“H”に反転する時点では

【0084】

【数10】

... 数10

【0085】であり、再生二値化信号7の極性が”H”から”L”に反転する時点では

$$V_o = A(-Pr[1] + Gr[1] - Pr[2] + Gr[2] + \dots - Pr[i])$$

【0087】となる。ここで、上式中のAは積分回路703の増幅率で決まる定数である。すなわち、この時点での出力信号レベルは再生二値化信号7のパルス間隔について”H”レベルを負の値、”L”レベルを正の値で表したときのパルス間隔を積算した結果を表している。

【0088】A/D変換器702ではその時点の積分値

$$B(-Pr[1] + Gr[1] - Pr[2] + Gr[2] + \dots - Pr[i]) + Gr[i]$$

【0090】もしくは、

【0091】

$$B(-Pr[1] + Gr[1] - Pr[2] + Gr[2] + \dots - Pr[i])$$

【0092】(Bは定数)で与えられる。

【0093】図9は図1における記録条件判定回路11の一構成例である。

【0094】この回路では図5における各 $Pr[i] - Gr[i]$ の計算、およびその繰り返し信号に対して総和をとる計算を行い、その各計算結果をコントローラ12に送信するものである。

【0095】ラッチ回路901、902と減算回路903ではエッジ間隔測定回路10から送られてきた数12、および数13で表されるエッジ間隔データから、各 $B(Pr[i] - Gr[i])$ の値を求めている部分である。ラッチ回路901には再生二値化信号7がトリガタイミング用の信号として入力されていて、その立ち上がりエッジでエッジ間隔データをサンプル・ホールドしている。すなわち、この再生二値化信号7の立ち上がり時には数12で表されるデータがホールドされ、出力されている。また、ラッチ回路902ではデータを1トリガ分だけ遅らせている。

【0096】減算回路903ではエッジ間隔データのラッチ回路903の出力からラッチ回路901の出力を減算し、その結果を出力している。ラッチ回路902の出力とラッチ回路の出力は1トリガタイミング分だけずれた数12で表される結果であるから、減算回路903の出力で $B(Pr[i] - Gr[i])$ が求められている。

【0097】加算回路904、およびシフトレジスタ905では繰り返しデータでの各 $B(Pr[i] - Gr[i])$ ごとに、その総和を計算している。シフトレジスタ905の段数は図4に示す記録信号の1周期中のパルス数と等しく設計されており、その各段ごとに出力線が出て、コントローラの方に送られている。再生信号402が最後まで読み出された時点で、シフトレジスタの各段での出力結果は各iごとに繰り返しデータでの $B(Pr[i] - Gr[i])$ の総和となっているので、この結果を用いて、図5に示す判定基準に基づいて記録時の光ビーム強度、および記録媒体の温度が変化しているかどうかを調べている。

【0098】図10は図1におけるエッジ位置調整回路

【0086】

【数11】

... 数11

号レベルをデジタル値に変換し、その変換結果を記録条件判定回路11に入力している。つまり、その出力は数10、数11に伴って、

【0089】

【数12】

... 数12

【数13】

... 数13

14、およびエッジ位置調整テーブル15の一構成例である。

【0099】この回路では数7、および数8中の関数 $Cf()$ 、 $Ce()$ をRAM等の記憶素子で構成されるエッジ位置調整テーブル15、16の内容を参照する形で求めている。すなわち、 $F[i]$ を求める際には、エッジ位置調整テーブル15に入力されるアドレス信号線により、関数 $Cf()$ 内の第1、第2パラメータの要素である、記録信号301のパルス/ギャップ間隔 $L[i-1]$ 、 $B[i-1]$ と、 $F[i]$ を求める直前の変換結果であるエッジ位置調整量 $F[i-1]$ 、 $E[i-1]$ を表す量を入力することで、データ信号線からその関数値として出力される。同様に、 $E[i]$ を求める際には、エッジ位置調整テーブル16に入力されるアドレス信号線により関数 $Ce()$ 内の第1、第2パラメータの要素である、記録信号301のパルス/ギャップ間隔 $B[i-1]$ 、 $L[i]$ と、 $E[i]$ を求める直前の変換結果であるエッジ位置調整量 $E[i-1]$ 、 $F[i]$ を表す量を入力することで、データ信号線からその関数値として出力される。

【0100】カウンタ回路1001、1002は変調回路13から送信されてきた信号のパルス/ギャップ間隔が変調信号の基本クロック間隔何個分に相当するかを検出して、エッジ位置調整テーブルのアドレス線となっている。また、ラッチ回路1003、1004、1005、1006はエッジ位置調整テーブル15、および16に入力される各アドレス信号線のタイミングを調整するために、シフトレジスタ回路1007、1008は変調信号とエッジ位置調整量とのタイミングを調整するために用いられている。セクタ回路1009は立ち上がり側と立ち下がり側のエッジ位置調整量を交互に切り変える回路であり、プログラマブルディレイライン回路1009はエッジ位置調整量分だけ、エッジ位置をディレイさせ、エッジ位置の調整を行う回路である。従って、この出力信号が調整後信号302としてレーザドライバ回路17に入力される。

【0101】図11は図1におけるエッジ位置調整テーブル切替回路18の一構成例である。

20

30

40

50

【0102】この回路は記録線速度、記録媒体の温度変化にしたがって、エッジ位置調整テーブルの内容を切り換え動作を行い、使用範囲内の各記録線速度、および記録媒体の温度ごとのエッジ位置調整量のデータが格納されている変換テーブル用データバッファ1102と、その切り換え動作を制御する回路から構成される。

【0103】記録条件判定モードでの検出結果、エッジ位置調整テーブルの内容を変更する必要があると判定された場合、および光スポットが移動して線速度が変化した場合にコントローラ12からテーブル変更指令信号がカウンタ回路1101に入力され、エッジ位置調整テーブル15、16の内容変更が開始される。この内容変更動作では、まず、変換テーブル用データバッファ1102に光スポットの記録媒体上での移動速度、および記録条件判定モードで検出された記録媒体の温度が入力されて、変換テーブル用データバッファ1102内にある、どのエッジ位置調整テーブルが選択されるかを決定する。そして、カウンタ回路1101から入力されるアドレス番号ごとに変換テーブル用データバッファ1102から各エッジ調整量が送信され、各変換テーブルに格納されていく。なお、カウンタ回路の出力信号のうち、1本はエッジ調整量テーブル15、16のうちどちらかを選択するためのテーブル切り換え信号として使用され、残りの信号は変換テーブル用データバッファ1102、およびエッジ位置調整回路15、16のアドレス信号として使用されている。

【0104】以上が本発明の一実施例についての説明である。この記録パルスエッジ調整量算出方式を用いることで、同一記録パルスにおいてその前の記録パターンが違うために発生する、熱干渉による再生波形でのエッジ位置の変動分をなくすることができる。

【0105】この記録条件測定に用いる専用領域はディスクの内周側、外周側、およびその間からなる複数箇所を用いるが、その領域は特別に設けても、あるいは一般のデータ記録領域でも構わない。後者の場合ですでにその領域に記録データが存在するときには、他の空き領域を利用するか、もしくはその領域を使用するために該領域に書かれている情報を一時コントローラ内のメモリなど、別の場所に退避させる処理を行う。

【0106】本特許は書換えが可能であり、その原理が熱を用いた記録方法である、あらゆる情報記録方式、および記録媒体にあてはまる記録パワーや記録パルス間隔という記録条件の制御方式である。特に熱拡散効果が高く、かつ記録条件に敏感、すなわち記録パワーや環境温度、記録媒体の構成、および記録装置の特性等のわずかな変化で記録特性の差として現れる様な記録方式、および記録媒体の場合、記録データの信頼性を確保する上で必要不可欠な技術である。例えば光磁気ディスク、および交換結合力を利用した、重ね書きが可能な光磁気ディスク、重ね書きが可能な相変化を利用した光ディスクな

どにおいて実用性を確保する上で、この技術が重要である。

【0107】

【発明の効果】この信号記録再生方法によれば、熱干渉による再生信号のエッジ位置に関する変動分をなくすることができる。また記録時の光ビーム強度や、記録媒体の温度が変化した場合にも対応するため、常に最適な記録条件を実現しており、マーク長記録を用いた、より高密度な記録が製作時の厳密な調整なしに容易に実現でき、しかも記録データに関する信頼性を大幅に向上させる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の構成を示すブロック図

【図2】熱干渉によりエッジ位置がシフトする様子を表す模式図

【図3】エッジシフト量の情報を用いて、記録信号の各エッジ位置を調整してエッジシフトの影響を抑圧する様子を説明するための図

【図4】記録条件測定用の記録信号パターンの一例を表した図

【図5】測定結果から記録時の光ビーム強度変化、および記録媒体の温度変化を分離検出する手段を説明する図

【図6】記録条件判定モードのフロー

【図7】エッジ間隔測定回路の一構成例を示した図

【図8】エッジ間隔測定回路の動作を説明するための図

【図9】記録条件判定回路の一構成例を示した図

【図10】エッジ位置調整回路、およびエッジ位置調整テーブルの一構成例を示した図

【図11】エッジ位置調整テーブル切回路の一構成例を示した図

【符号の説明】

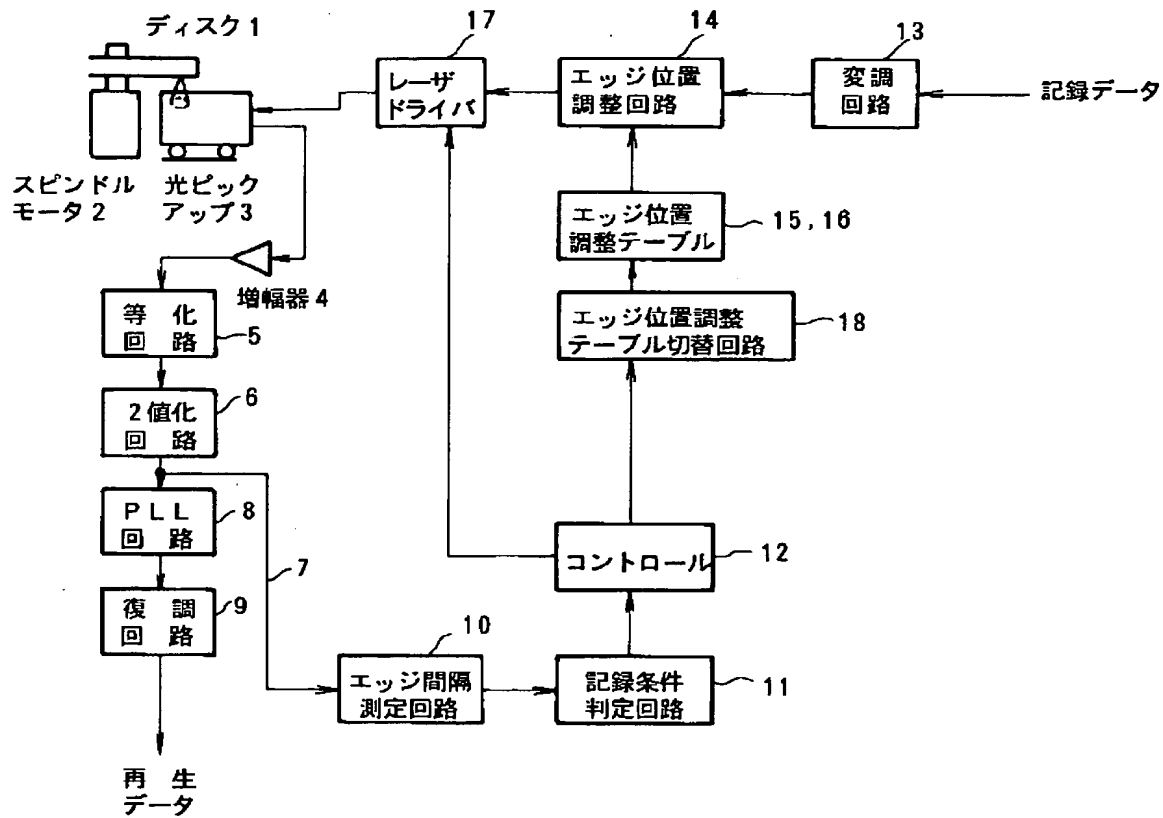
1…光ディスク、2…スピンドルモータ2、3…光ピックアップアップ、4…増幅器、5…等化回路、6…二値化回路、7…再生二値化信号、8…PLL回路、9…復調回路、10…エッジ間隔測定回路、11…記録条件判定回路、12…コントローラ、13…変調回路、14…エッジ位置調整回路、15…エッジ位置調整テーブル、16…エッジ位置調整テーブル、17…レーザドライバ回路、18…エッジ位置調整テーブル切り換え回路、201…記録信号、202…記録マーク、203…再生信号、204…二値化再生信号、301…記録信号、302…調整後信号、303…記録マーク、304…再生信号、305…二値化再生信号、401…記録信号、402…再生信号、701…インパルス信号発生回路、702…A/D変換器、703…積分回路、704…積分基準信号、709…フリップフロップ、710…アナログスイッチ、901、902…ラッチ回路、903…減算回路、904…加算回路、905…シフトレジスタ、1001、1002…カウンタ回路、1003、1004、1005、1006…ラッチ回路、1007、1008…シフトレジスタ回路、1009…セクタ回路、

19

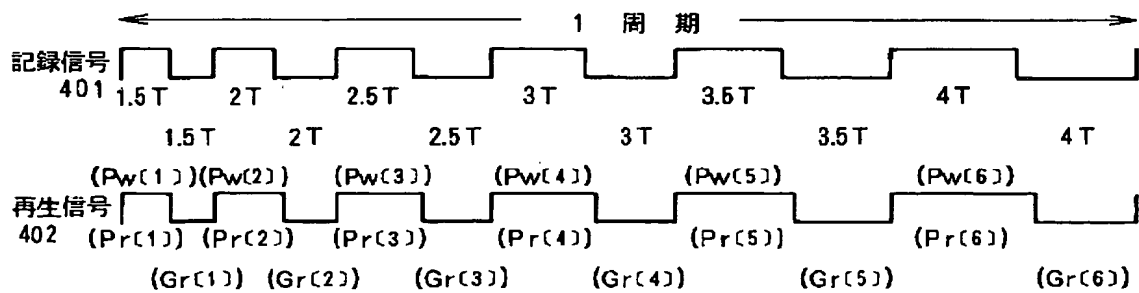
1 0 1 0…プログラマブルディレイライン回路、1 1 0      ヅファ。

1…カウンタ回路、1102…変換テーブル用データバ

【図 1】



【図 4】



【図 2】

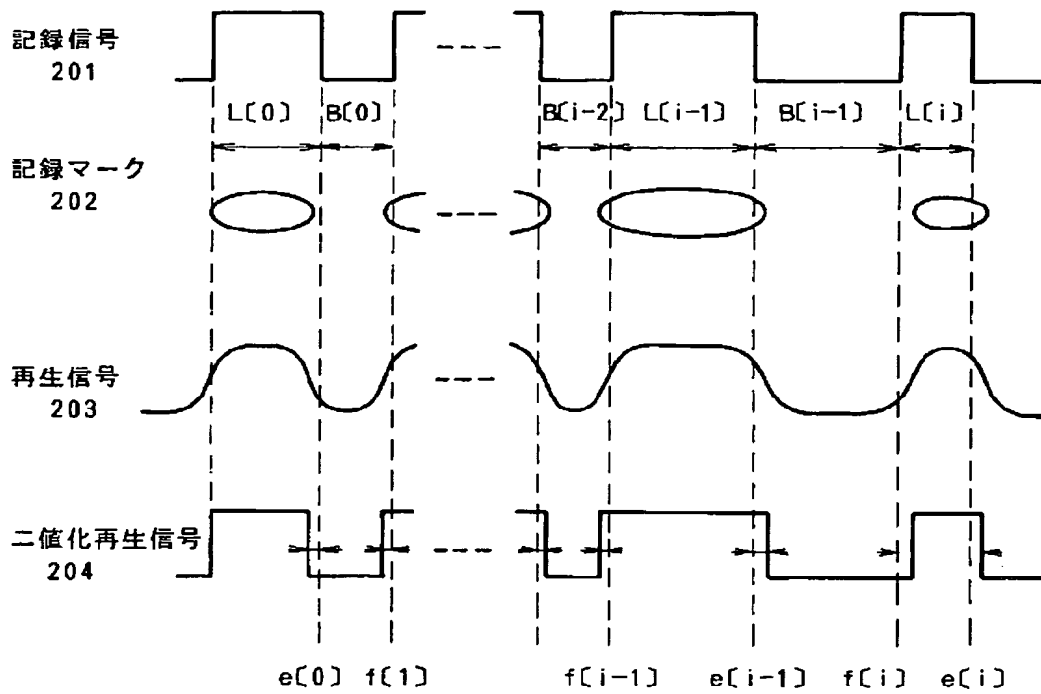


図 2

【図 3】

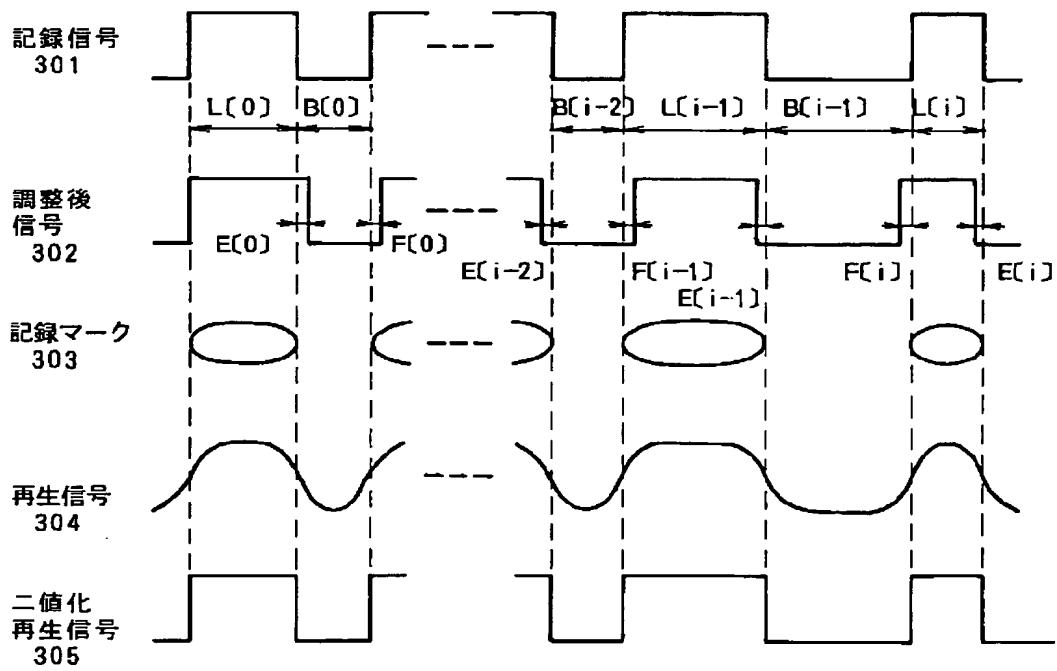
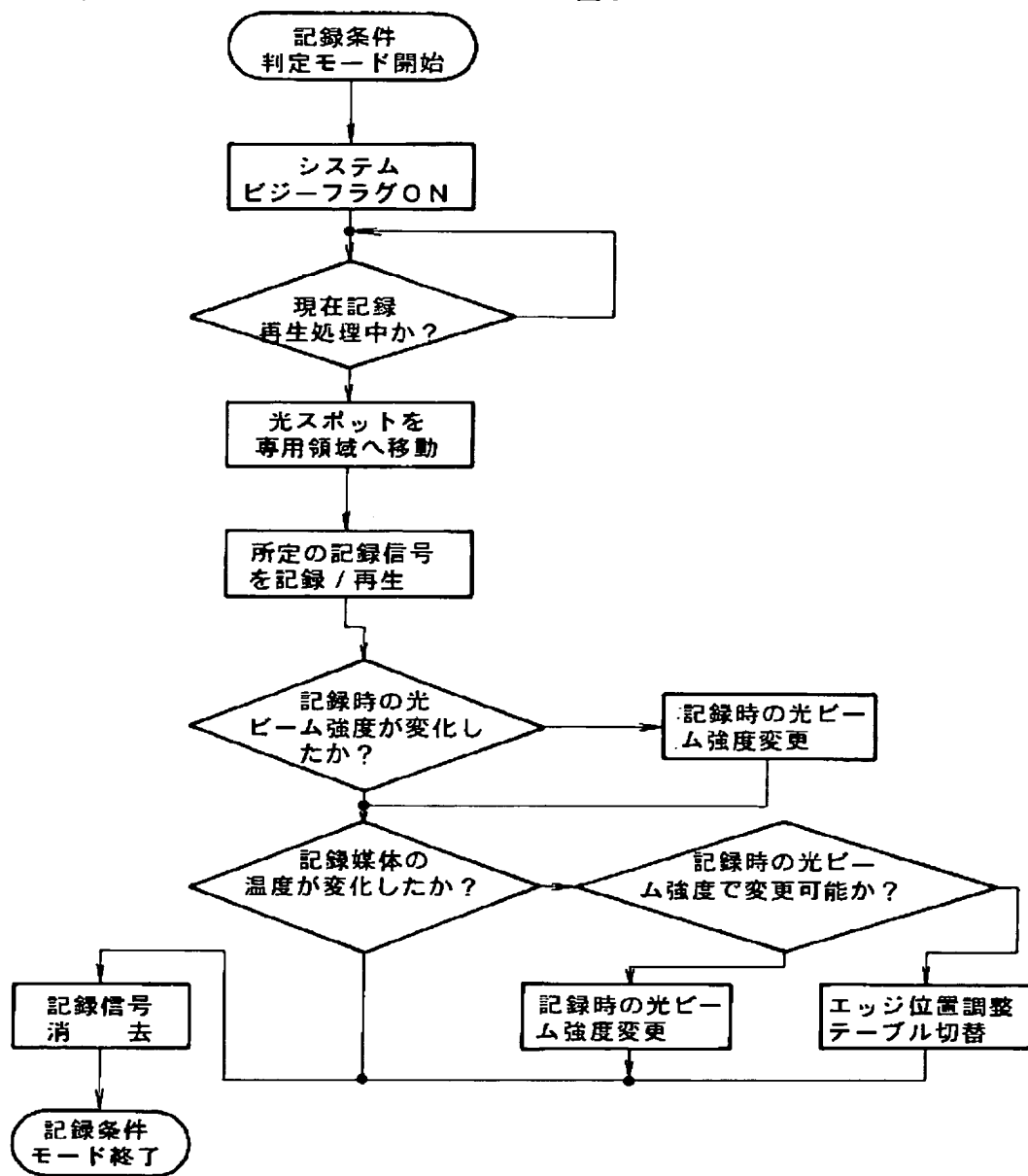


図 3



【図 6】

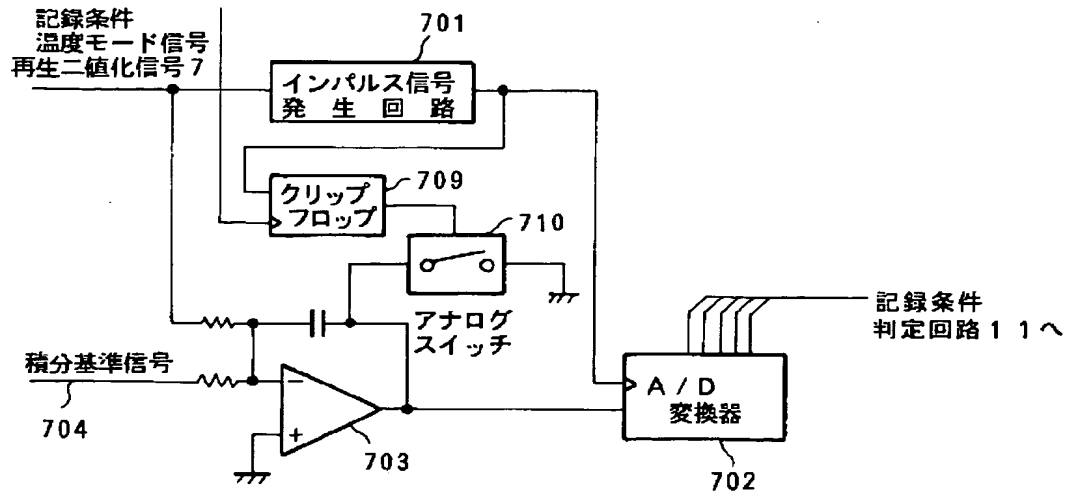
図 6





【図 7】

図 7



【図 8】

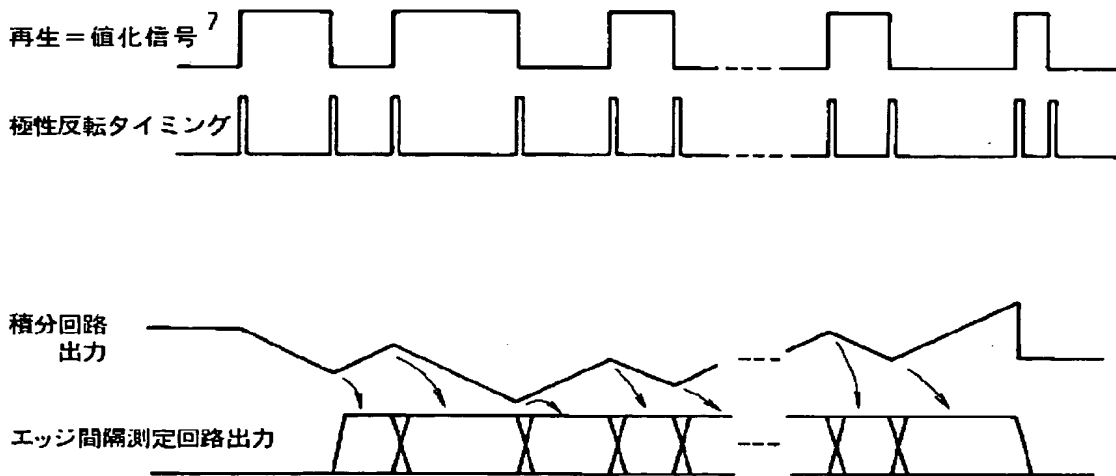
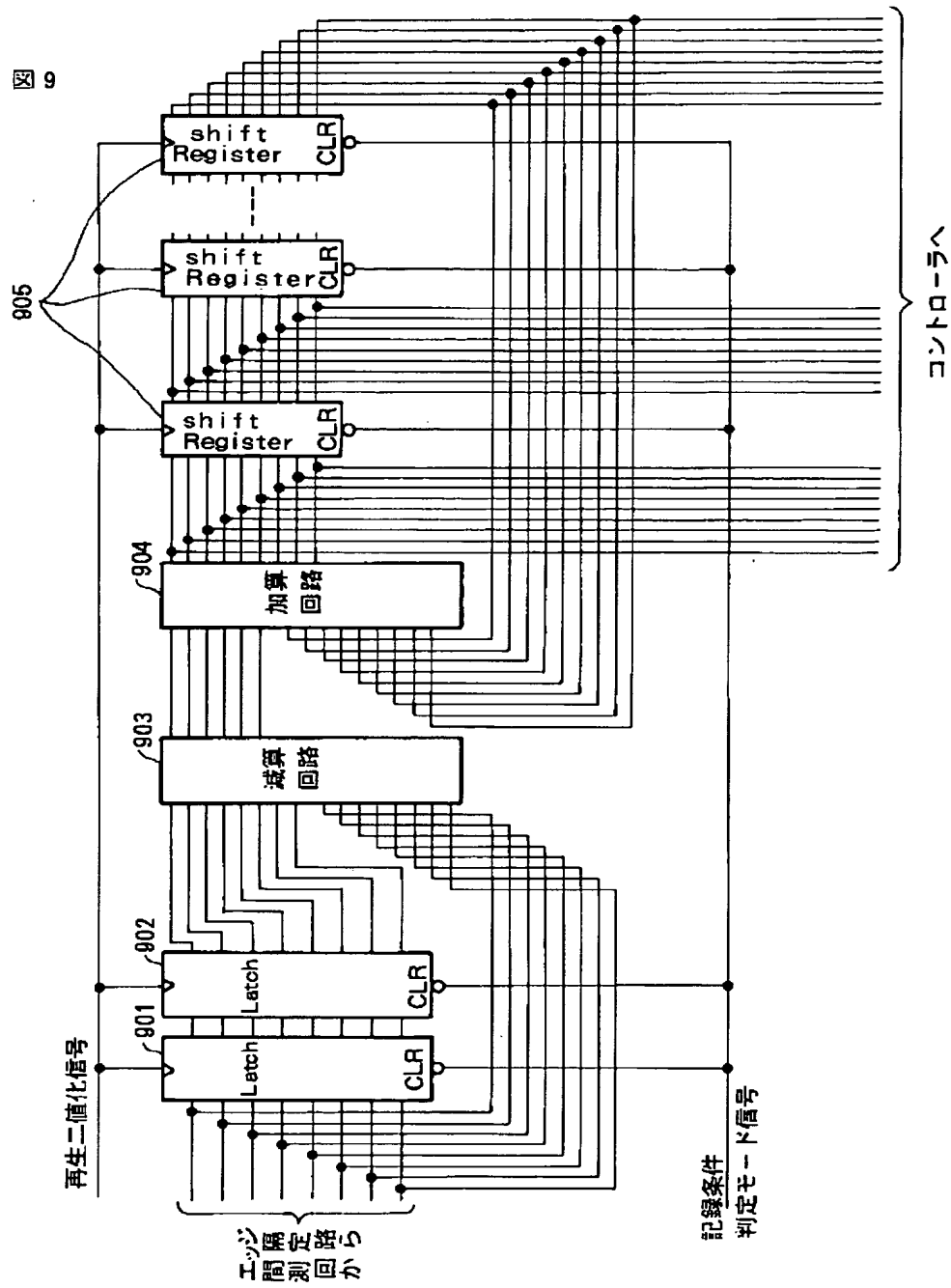


図 8

【図 9】



【図 10】

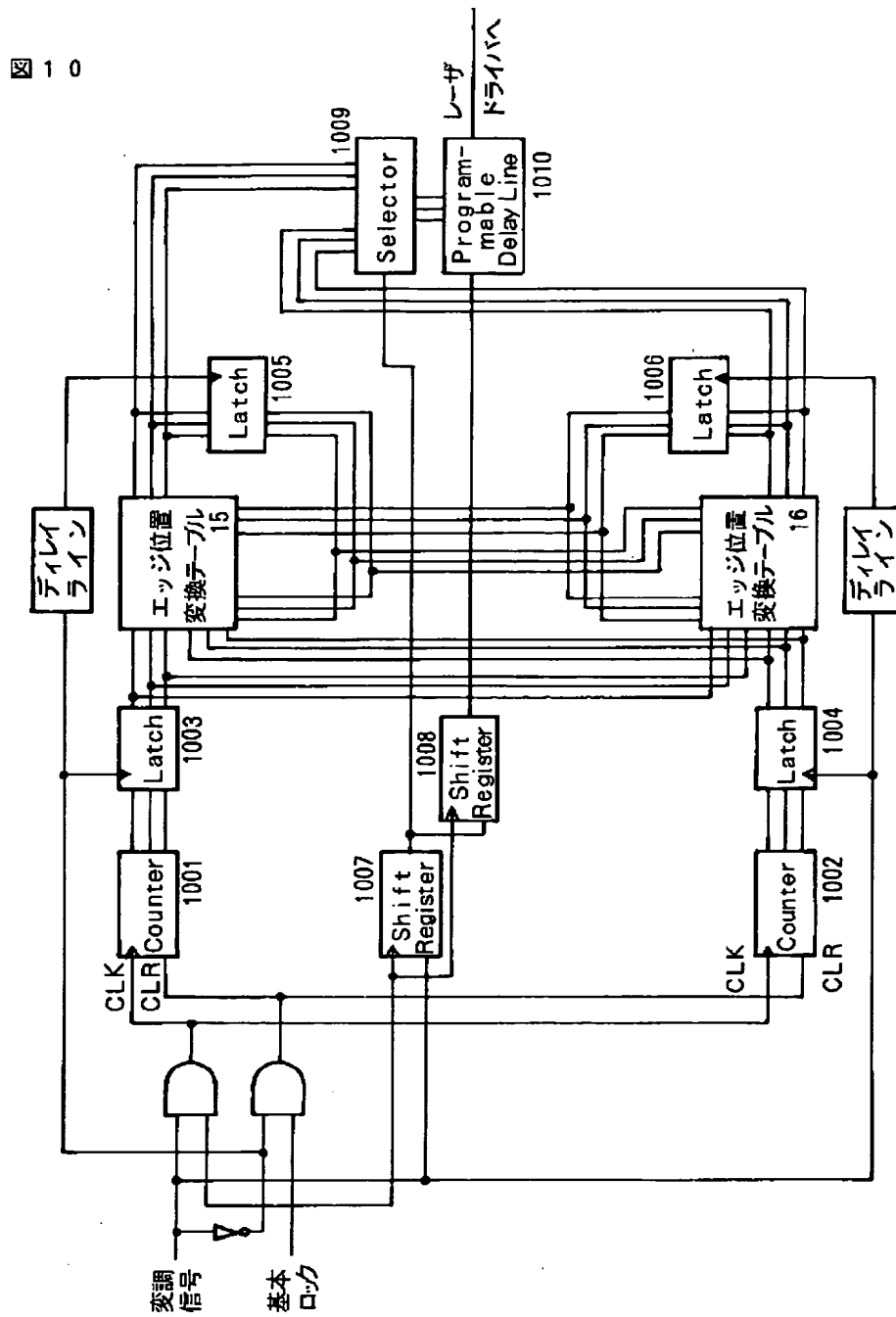


図 10